

屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集 (案)

平成26年 月

学校施設における非構造部材の耐震対策の推進に関する調査研究協力者会議

はじめに

- 学校施設は未来を担う子供たちが集い、いきいきと学び、生活する場であり、また、非常災害時には地域住民を受け入れ、避難生活の拠り所として重要な役割を果たすことから、その安全性の確保は極めて重要です。
- 平成23年3月に発生した東日本大震災は、広範囲に甚大な被害をもたらし、多くの学校施設において、非構造部材の被害が発生しました。とりわけ、屋内運動場等大規模空間の天井等が全面的に崩落した例、生徒が負傷するなど人身被害が生じた例もあり、高所からの落下物を防止することの重要性を改めて認識しました。
- 本協力者会議では、24年度より、致命的な被害が起こりやすい屋内運動場等の天井等落下防止対策を中心に検討を進め、これを受け、文部科学省は、25年8月に「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」を策定し、各学校設置者に対し、屋内運動場等の天井等の総点検と落下防止対策の推進を要請してきました。
- 今般、各学校設置者における天井等落下防止対策の参考となるよう、既存の屋内運動場等の天井等落下防止対策に関する事例集を作成しました。本書は、本年度、文部科学省において実施した「学校施設の天井等落下防止対策加速化のための先導的開発事業」で得られた天井撤去の事例を中心に、現時点で掲載可能な対策事例を取りまとめたものです。本書には技術基準に沿った天井の補強や再設置の個別事例は掲載していませんが、事例の収集過程から得られた技術的なポイントについては、本書に掲載することとしました。今後、引き続き、国土交通省や関係機関等とも連携しつつ、対策事例を収集し、普及していくことが必要と考えています。
- 各学校設置者において、点検の手法等を示した上記手引と合わせて本書を活用することにより、屋内運動場等の天井等落下防止対策が一層推進されることを期待します。

屋内運動場等の天井等落下防止対策事例集 目次

1 天井等落下防止対策を実施する上でのポイント

- 1.1 天井等落下防止対策推進の背景
- 1.2 天井等落下防止対策の手法等と実務上のポイント
 - (1) 天井撤去における実務上のポイント
 - (2) 天井の補強による耐震化における実務上のポイント
 - (3) 天井の撤去及び再設置における実務上のポイント
 - (4) 落下防止ネット等の設置における実務上のポイント
 - (5) 照明器具、バスケットゴール等の対策における実務上のポイント

2 対策事例

- 2.1 事例集作成の考え方
- 2.2 事例の収集方針
- 2.3 事例集の活用にあたっての留意点
 - ・事例一覧
 - ・事例の読み方
- 事例1 ノンフロン湿式不燃断熱材を吹付けた事例（屋内運動場）
- 事例2 既存天井の撤去と併せ屋根面に遮熱塗料を塗布した事例（屋内運動場）
- 事例3 既存グラスウールボードの有効活用による直天井への改修事例（屋内運動場）
- 事例4 母屋への下地直接取付による直天井への改修事例（屋内運動場）
- 事例5 母屋への治具取付による直天井への改修（設計まで）（武道場）
- 事例6 軽量の膜天井を設置した事例（屋内運動場）
- 事例7 照明やバスケットゴール等の点検・対策事例
 - <トピック1> 東日本大震災において被災した武道場の天井撤去事例
 - <トピック2> 武道場における内装制限の扱い(避難安全検証法について)
 - <トピック3> 防衛施設周辺の学校における天井落下防止対策
 - <トピック4> 技術基準に基づく天井の設計・施工にあたっての課題

3 参考資料

- ・建築物における天井脱落対策に係る技術基準（概要）
- ・学校施設の天井等落下防止対策加速化のための先導的開発事業
- ・学校施設における非構造部材の耐震対策に関する国庫補助制度

1 天井等落下防止対策を実施する上でのポイント

1 天井等落下防止対策を実施する上でのポイント

本事例集は、「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」(以下「手引」という。)を踏まえつつ、平成25年度において先進的な取組を進めている地方公共団体等における落下防止対策事例を収集し、掲載している。

1. 1 天井等落下防止対策推進の背景

○平成23年3月に発生した東日本大震災では、多くの学校施設において、構造体のみならず非構造部材¹の被害が発生した。特に、天井高の高い屋内運動場等の天井材が全面的に落下した事象や部分的に落下した事象など落下被害が多くみられた。

屋内運動場の天井被害は150件以上。天井被害の約74%が脱落によるもの²。新耐震基準³の施設、耐震補強済みの施設でも天井が全面崩落した事例多数。

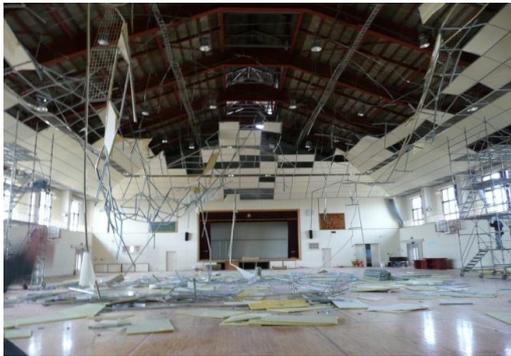


写真1: 中学校(宮城県栗原市/1999年)



写真2: 高等学校(茨城県那珂市/1985年)

高さ6m以下の武道場の天井も脱落。人的被害につながるおそれのある脱落被害は約68%⁴。



写真3: 中学校(茨城県茨城町/格技場)



写真4: 中学校(茨城県茨城町/格技場)

¹ 非構造部材とは、構造設計・構造計算の主な対象となる構造体(骨組み)と区分した天井材、照明器具、窓ガラス、外装材、内装材、設備機器、家具等を指す。

² 本協力者会議の下に設置された天井落下防止対策等検討ワーキンググループ(以下「WG」という。)による被害調査分析結果。東日本大震災において、学校の屋内運動場の天井被害が確認されたものは152件(棟)。全面脱落 25 件、一部脱落 88 件、破損が 39 件。人的被害につながるおそれのある全面脱落及び一部脱落を合わせると、天井被害の約 74%を占める。

³ 昭和 56 年 6 月に施行された建築基準法に基づく現行の耐震基準。

⁴ 注釈 2 と同様、WGによる被害調査分析結果。東日本大震災における武道場の天井被害は 57 件(棟)。うち、全面脱落及び一部脱落を合わせた件数は 39 件で、天井被害の約 68%を占める。

○同震災における建築物の天井脱落被害を踏まえ、国土交通省では、地震時等における天井脱落への対策強化を趣旨とし、平成25年7月に建築基準法施行令の一部を改正するとともに、同年8月に同政令に基づく天井脱落対策関連告示⁵(以下「技術基準」という。)等を定め、同年9月には、技術基準の解説書及び設計例⁶(以下「技術基準解説書」という。)を公表した。技術基準は26年4月に施行され、建築物を建築する際には当該基準への適合が義務づけられることとなる。

建築基準法施行令の一部を改正する政令について(平成26年4月施行)

http://www.mlit.go.jp/jutakuentiku/build/jutakuentiku_house_fr_000053.html

「建築物の天井脱落対策に係る技術基準の解説」(10月改訂版)

<http://www.seinokyo.jp/tenjou/top/>



図〇 建築物における天井脱落対策に係る技術基準(概要)

○本協力者会議では、技術基準の検討を踏まえ、落下した場合に致命的な被害につながるおそれが大きい屋内運動場等の天井等については、緊急性をもって優先的に対策を講じる必要があるという視点に立って検討を進めてきた。こうした検討を踏まえ、25年8月、文部科学省は「手引」を作成・公表し、全国の学校設置者に対して、既存の屋内運動場等における天井等落下防止対策の一層の推進を要請した。

<手引の特長>

- 詳細な実地診断等を行わずとも対策の検討に着手できるフローチャートを提示
- 確実な安全確保方策として「天井撤去を中心とした対策の検討」を促進

「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」(平成25年8月)

http://www.mext.go.jp/a_menu/shisetu/bousai/taishin/1341100.htm

⁵ 「特定天井及び天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件」(平成25年国土交通省告示第771号)

⁶ 「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」(平成25年9月、国土交通省国土技術政策総合研究所、独立行政法人建築研究所、一般社団法人新・建築士制度普及協会)

■主な内容

第1章 屋内運動場等における天井等落下防止対策の考え方

- ・致命的な事故が起こりやすい屋内運動場等の天井等は緊急性をもって優先的に対策を実施。
- ・構造体の耐震化が図られている施設であっても天井等の落下防止対策が必要。

第2章 天井等総点検用マニュアル

☆対策工事の要否を迅速かつ効率的に判断するため、詳細な実地診断等を行わずとも対策の検討に着手できるフローチャートを提示

第1節 天井の耐震点検と対策の実施

○天井の耐震点検から対策の実施までの手順を5つのステップに分けて解説。

(天井の耐震性に関する基本項目)

- ・壁際のクリアランス（隙間）の有無
- ・天井の耐震措置に関する特記事項の有無
- ・斜め部材の有無
- ・屋根形状と天井形状の比較による吊り長さの違い

→ 外観からの目視等により
大半が点検可能

○①天井撤去、②補強による耐震化、③撤去及び再設置、④落下防止ネット等の設置という手法を示しつつ、確実な安全確保方策として「天井撤去を中心とした対策の検討」を要請。

○天井撤去と併せて断熱・吸音等の工夫を施したケーススタディも提示。



→
天井撤去後の屋根
面に吹付け材を塗布
し断熱性能等を確保



第2節 照明器具・バスケットゴール等の取付部分との耐震点検と対策の実施

第3節 関連する構造体の耐震点検と対策の実施

- ・第2節、第3節の耐震点検と対策は、吊り天井の有無にかかわらず実施する。

第3章 震災後の余震に備えた屋内運動場等の天井等の緊急点検チェックリストの活用

○二次災害防止の観点等から震災後の余震に備えた緊急点検チェックリストを提示。

図○ 「学校施設における天井等落下防止対策のための手引」(概要)

学校設置者に対する対策加速化の要請（平成25年8月7日通知）

1. 屋内運動場等の天井等の総点検の実施

(天井)

- 学校施設の中でも、屋内運動場、武道場、講堂、屋内プールの天井については、特定天井に加え、①高さが6mを超える天井、②水平投影面積が200㎡を超える天井のいずれかに該当する天井も全て総点検を実施すること。

(照明器具、バスケットゴールなど)

- 上記4施設の照明器具、バスケットゴール等は、吊り天井の有無に関わらず、総点検を実施すること。
- 鉄骨屋根定着部コンクリート、水平ブレースの接合部等の点検も実施に努めること。

2. 屋内運動場等の天井等の落下防止対策の実施

(天井)

- 児童生徒等の安全に万全を期す観点から、天井撤去を中心とした対策を検討すること。
撤去に伴い使用に影響を及ぼすことのないよう、断熱・音響等の対策を実施すること。
- 現在進行中の事業については、竣工と同時に既存不適格となることから、天井を設置しない又は軽量の天井にするなど、設計変更等を検討すること。

(照明器具、バスケットゴールなど)

- 照明器具、バスケットゴール等は、総点検の結果を踏まえ、必要な落下防止対策を実施すること。
- 鉄骨屋根定着部コンクリート、水平ブレースの接合部等の耐震対策について検討し実施に努めること。

3. 屋内運動場等以外の施設の天井

- 玄関ホール、多目的スペース、図書室、食堂等の特定天井についても速やかに点検し対策を講じること。

公立・国立学校施設における屋内運動場等の天井等落下防止対策については、平成27年度までの速やかな完了を目指し取組を加速するよう改めて要請

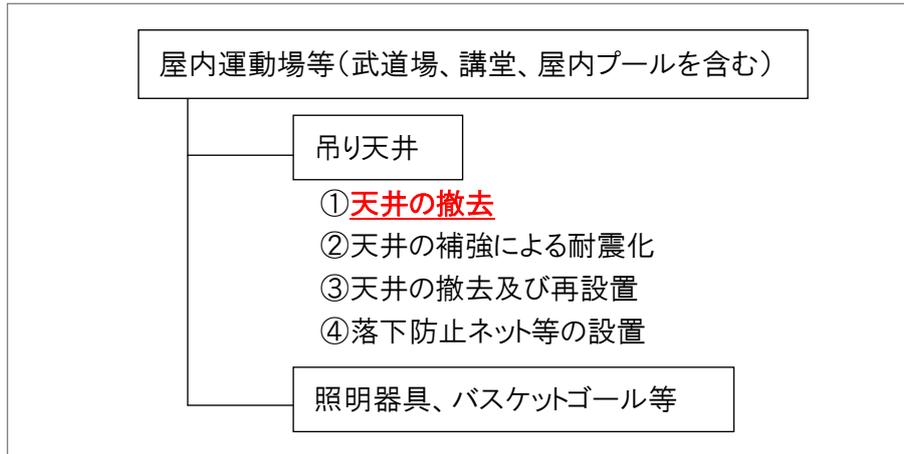
図○ 天井等落下防止対策の推進を要請する通知(概要)

1.2 手引で示された天井等落下防止対策の手法等と実務上のポイント

屋内運動場等において天井等の落下防止対策を実施する際は、手引で示した対策の考え方や技術基準を踏まえつつ、各対策手法に対する留意点を踏まえる必要がある。

＜手引で示された天井等落下防止対策の手法等＞

○天井の落下防止対策として、①天井撤去、②天井の補強による耐震化、③天井の撤去及び再設置、④落下防止ネット等の設置といった手法が考えられるが、より確実な安全性を確保するための対策として、「撤去を中心とした落下防止対策の検討」を促進。



図〇：屋内運動場等の天井等落下防止対策の手法

対策手法	主な特長等
天井撤去	地震被害の発生の危険性のある天井部材を解体・撤去し、大規模空間天井の耐震安全性を確保する方法。 * “撤去等検討”のケースについては、手引 p.44 の〈別表2〉参照
天井の補強による耐震化	天井脱落対策に係る技術基準を踏まえて、耐震的な仕様により性能を高める方法。
天井の撤去及び再設置	既存天井を全面的に撤去し、目標性能に適合した天井を耐震設計し直すなどした上で、再び天井を設置する方法。
落下防止ネット等の設置	落下防止ネットやワイヤ、ロープなどによる対策を施すことにより、天井の落下を防止する方法。

表〇：天井落下防止対策の手法と主な特長等(手引 p.43 の別表1を簡略化)

○技術基準では、大地震(震度6強から7に達する程度)に対して天井が脱落しないことを確認することは、現在の技術水準からは限界があるため、中地震(震度5強程度)に対して天井を損傷しないことにより、中地震を超える一定の地震においても脱落の低減を図ることとしている。このため、大規模空間を持つ施設の天井について、撤去以外の対策を検討する際には、その必要性を含め、十分かつ慎重に検討することが必要。

○以下、各々の対策手法に関する実務上のポイントを示す。

(1) 天井撤去における実務上のポイント

■発注段階(学校設置者)の留意点

○地震時に落下する部材そのものをなくすことにより、確実な安全性を確保する方策であり、手引を活用した点検を実施した際、“撤去等検討”に該当した場合は、補強による改修工事が実質的に困難であり、児童生徒等の安全に万全を期す観点から、天井撤去を中心とした対策を検討することが重要である。

(天井撤去を中心とした検討を求める主な理由)

- ・撤去は、確実な安全性を確保する方策であること
- ・補強による改修工事が実質的に不可能な場合がほとんどであること
- ・天井の補強又は再設置には相当のコストと工期がかかること
- ・天井を撤去しても吹付材の塗布等の代替措置により断熱・吸音性能を確保することが可能であること

○天井の撤去に伴い、天井が保有していた断熱性能や吸音性能など環境条件が変化し使用に影響を及ぼす場合がある。各学校設置者は、使用に当たって著しい支障が及ぶことがないか検討の上、必要に応じ、屋根面への断熱対策や吸音体の付加などの対策を施すことが重要である。

〈天井撤去の検討に当たって留意すべき点〉

項目	留意すべき点
<input type="checkbox"/> 断熱	天井撤去に伴う断熱性能の低下を補うため、屋根面への断熱補強の実施を検討する。ただし、吸湿性の高い断熱材は、内部結露防止のため表面の防湿措置等により吸湿対策を施すことを検討する。
<input type="checkbox"/> 音響	吸音性のある天井の撤去により、屋内運動場等の発生騒音が響きすぎて使用上の妨げとなるため、不足する吸音力を吸音材料の付加等により補充することを検討する。
<input type="checkbox"/> 空調・換気	大空間の天井の撤去による空調負荷の増大(気積、気流の変化等)を補うため、天井換気扇、吹出口の増設による改善を検討する。
<input type="checkbox"/> 照明等	天井撤去に伴い天井面の照度が均一でなくなり、競技環境の悪化等支障が生じる場合は、空間の照明計画等を見直し、必要に応じ照明改修を検討する。 天井埋込み形の照明器具であれば、天井撤去に伴い、照明器具を母屋等に直接緊結する、または吊り下げ形として斜め振れ止めを設けるような改修が必要となる。

○建築基準法では、特殊建築物の内装について、防火上支障がないようにしなければならない旨規定されている。天井の撤去に伴い、無窓居室(政令で定める窓その他の開口部を有しない居室)を有する建築物となる場合は、同法に定める内装制限の規定に該当する場合

があるため、同法施行令に定める「避難安全検証法」にて火災時の安全を確認し、必要に応じ、内装上の対策を講じることが求められる。(「トピックス2」参照)

○また、天井撤去によって天井仕上げの防火性能が変わると、消防設備の変更が必要になることもある。例えば、屋内運動場や武道館などの野地板に合板等を使用していることがある。こうした建物から天井の不燃材(ロックウール天井板など)を撤去すると、野地板裏面が内装制限の対象になるためである。消防法の関連規定を踏まえ、消防設備のあり方も適切に検討する⁷。

■設計・監理や施工管理段階(対策検討や対策工事の業務受託者等)の留意点

- 対策検討の初期段階では、各工法の比較を求められることがある。この場合、前頁の4つの留意点に関するデータ収集を行うなど、それぞれの得失を明らかにすることが望ましい。
- 工法によっては音響に関する性能値(吸音率など)を揃えることが難しい場合もある。しかし検討している材料の製造メーカー等が、改修事例の残響時間の測定データなどを保持していることも少なくない。各種対策の比較を行う際は、工法の特性を考慮して適切な指標を取り入れることが求められる。
- 吹付材の中には下地が限定される場合がある。ただしそうした場合でも、下地に適した材を吹付け新たな下地面を形成すれば、仕上げ材が施工可能となることもある。つまり直天井への吹付工法であっても、適切な層構成を設計することが重要になる(事例1参照)。
- 既存の天井撤去に伴う室内環境の低下を補完する方法としては、例えば、以下のような方法が考えられる。

温熱環境:①直天井面へ断熱材を追加する

②屋根面に遮熱措置をする(夏季の室温上昇の緩和。冬季には効果なし)

音環境:直天井面の仕上げを吸音性のある材料とする

室内照度:直天井面に明るい色を塗装する。照明設備の照度を上げる。

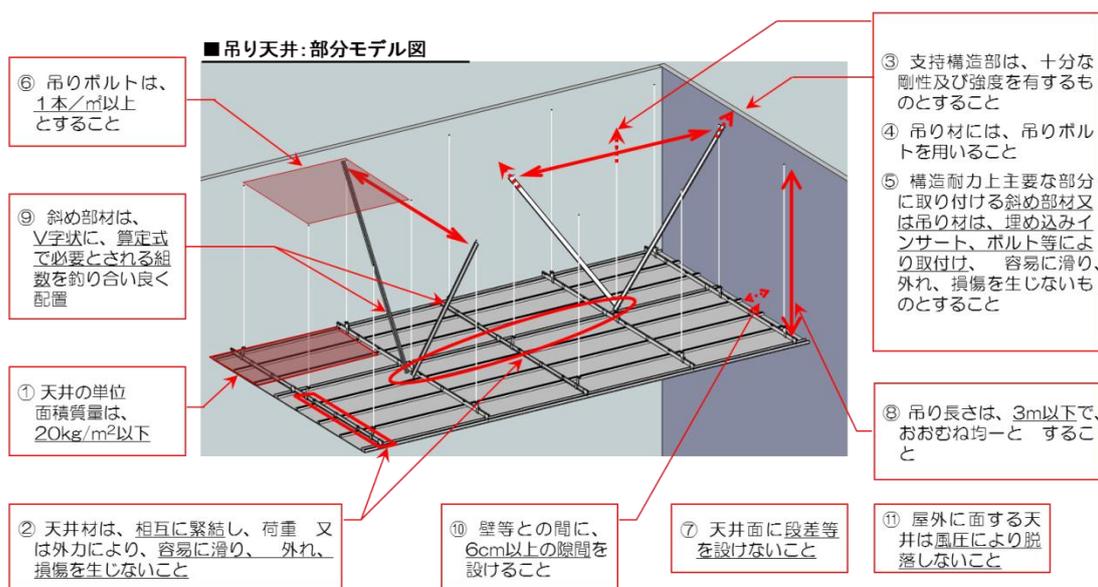
その他:現しとなった屋根面へのボール等ぶつかり防止のためのネットの設置

⁷ 学校の場合、壁・天井の仕上げが難燃材より高い防火性能を持っていれば、準耐火構造の建物は延べ面積 1,400 m²未満まで屋内消火栓は求められない(消防法施行令第 11 条)。

(2)天井の補強による耐震化における実務上のポイント

■発注段階(学校設置者)の留意点

- 天井の補強による耐震化を図る場合は、既存天井部分も含めて技術基準を満たす必要がある。そのため、技術基準解説書の解説及び設計例も十分に踏まえて発注内容を取りまとめる必要がある。
- 既存の天井に技術基準を満たしていない部分が一つでもあれば、その全てを対策する必要がある。発注者は詳細な設計等を依頼する前に、補強による耐震化が可能なのかある程度の見通しを持つ必要がある。例えば以下のような基本的な施工条件の確認が求められる。
 - ・既存の天井にクリアランスが設置されていなければ、天井と壁との取り合い部や設備機器周り等において必要となるクリアランスを施工上問題なく設置することが可能かどうか
 - ・吊り材の本数が必要数を満たしていないのであれば、施工上問題なく吊り材を追加できるのかどうか
 - ・吊りボルトの吊り長さが揃っていないければ、既存の天井を設置したままでも、吊り長さを揃える措置を施すことができるのかどうか
 - ・斜め部材が必要な組数を満たしていないければ、天井懐内の設備等の状況を踏まえた上で、必要な斜め材を追加することが可能かどうか
- なお、既存施設の対策状況によっては、天井の補強を行うのに天井面を全面的に撤去する必要が出てくるなど、実質的に補強が不可能な場合もあることに留意する必要がある。(手引 p.45 参照)
- 技術基準は、極めて稀な地震動の発生時(大地震時)において天井が脱落しないことを保証するものではないことに留意が必要である。



図〇 天井脱落対策に係る技術基準の概要

【告示*第三第1項:仕様ルートの場合】

*「特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件」(平成25年国土交通省告示771号)

○対策検討業務や対策工事業務を発注する際には、業務受託者に対して、既存部分も含めて天井材の接合部一式の緊結が必要になることを伝え、次の確認を具体的に求める。
 なお、以下に記載する内容は、「(3)天井の撤去及び再設置」において、2kg/m²超の天井を再設置する場合においても同様に留意する必要がある。

- ①構造耐力上主要な部分への緊結：(例)吊り元接合部(吊り材の上端接合部)に用いるアングル材やボルト接合等の耐力が当該部分にかかる荷重より上回ること。
- ②天井下地材相互の緊結：(例)ハンガー、クリップ、斜め部材等の接合部の許容耐力が当該部分にかかる荷重より上回ること。なお、天井下地材の許容耐力は技術基準解説書に示された試験方法に基づいて定められた値とする。

○2001年芸予地震以降、天井材メーカーは天井製品の耐震性向上に努めてきた。そのため自社の高性能製品を「耐震工法」等と呼んでいることもある。しかしそうした製品でも、特定天井の技術基準の告示前に開発された仕様は、必ずしも技術基準を満たしているとは限らない。補強に用いる金物等を含め、天井材の接合部一式が技術基準に適合していることを確認するよう対策検討や対策工事の業務受託者等に求める。

試験体の種類 加力方向・载荷方法		(1)部材単体		(2)接合部			(3)天井 ユニット
		天井下地材	吊りボルト の上端	クリップ	ハンガー	斜め部材 の上・下端	
曲げ	鉛直	一方向	●				
	水平	一方向	(●) ^{※1}				
引張		一方向		● ^{※4}	●	●	
圧縮		一方向		(●) ^{※2}	●		
水平		一方向及び 正負繰り返し		●	(●) ^{※3}	● ^{※5}	●
試験結果に基づき 評価される数値		当該部材の 曲げ許容耐 力・曲げ剛性	当該接合部の許容耐力・剛性 天井全体の許容耐力・剛性			天井全体の 許容耐力・剛 性	
※1 当該天井下地材が天井板と一体的に挙動し、水平方向に大きな曲げ力が作用しないことが想定される場合(例 システム天井材のHバー)には省略できる。 ※2 圧縮時に野縁と野縁受けが直接接触することにより、クリップに圧縮力が伝達しないことが想定される場合には省略できる。 ※3 斜め部材の取り付け箇所に応じて、ハンガーが水平力を負担しないことが想定される場合には省略できる。 ※4 試験体の吊りボルト上端近くに斜め部材が取り付けく場合には、斜め部材にも同時に一方向の引張力を作用させる。 ※5 上端接合部の試験では、斜め部材の材軸方向に加力する。							

表○：天井材の試験・評価の対象(出典「技術基準解説書」p.86 抜粋)

■設計・監理や施工管理段階(対策検討や対策工事の業務受託者等)の留意点

○天井の補強による耐震化を図る場合は、既述のとおり、技術基準を満たす必要があり、技術基準解説書の解説及び設計例を十分熟知の上、斜め部材の適切な配置、天井面と壁等とのクリアランスの確保、接合部の緊結状態の確保など、技術基準に基づく一式の対策を実施することが必要である。

○以下、事例収集の過程において得られた技術的なポイントを示すが、ここで示されたポイントは一部であって、各業務受託者等は、技術基準の適合について、メーカー等と十分かつ慎重な協議を重ねる必要がある。

・天井材の接合部一式の緊結やクリアランスの確保を行える場合、「吊り材の適切な配置」と「十分な斜め部材の設置」の2つが補強対策の要になると考えられる。

・補強による対策が選択される天井は、既存の吊り材の設置本数や吊り長さが概ね技術基準を満たしている場合と考えられる。しかし、壁際の一部などには異なる納まりが用いられ、吊り長さが異なっていることも少なくない。こうした箇所は吊り長さを揃える措置を実施する必要がある。

・補強による対策を選択する場合であっても、斜め部材は、技術基準で示された算定式で必要とされる組数を釣り合いよく配置する必要がある。なお、技術基準の仕様ルートが求める組数は座屈荷重から求めた斜め部材の耐力を前提としている⁸。しかし、斜め部材の断面が一樣でない場合は、その想定とは異なる座屈が生じてしまう。つまり、そうした斜め部材は仕様ルートに適合しないため、組数に含めることはできないことに留意が必要である⁹。

・斜め部材を適切な組数で設置するためには、当該天井にかかる地震力を適切に求めることが必要である。技術基準の仕様ルートであれば、天井が設置される建物の階数と当該天井の設置階に応じて水平震度を求める。建物階数や天井設置階の算定は、原則として建築確認の判断に基づくこととなる¹⁰。ただし次のような場合は、天井が取り付く構造躯体の挙動を考慮して階を判断する¹¹。必要に応じて構造設計者に参考意見を求めることが推奨される。

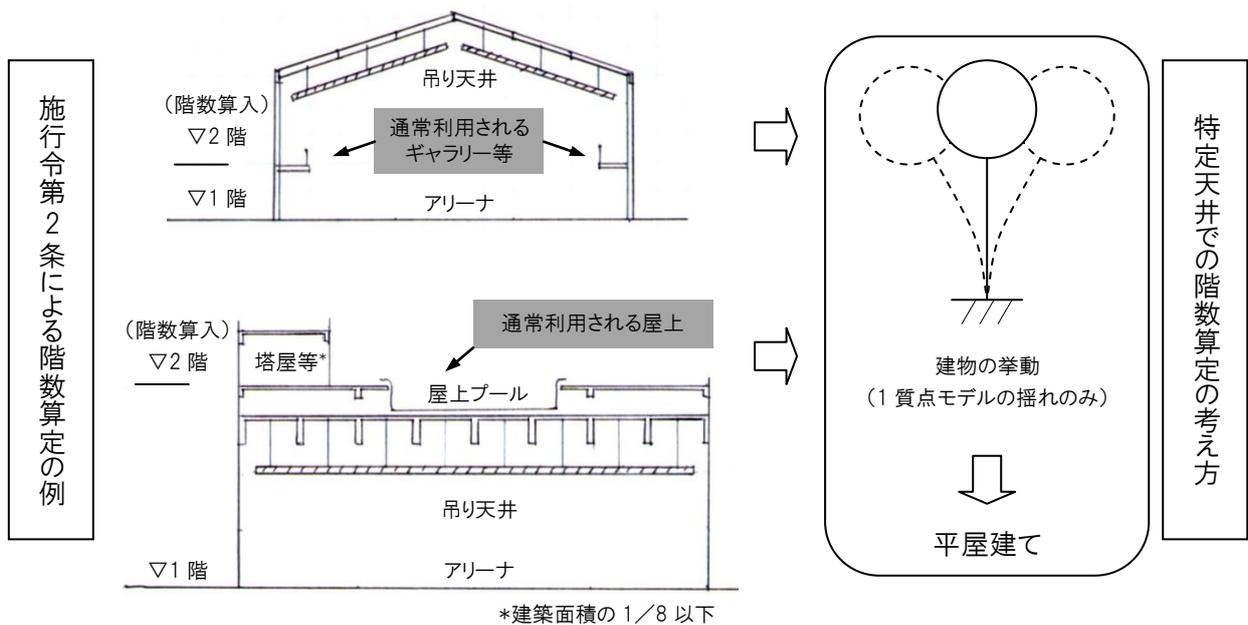
- ① 通常利用されるギャラリー等を持つ場合 (例)一般的な屋内運動場
- ② 通常利用される屋上を持つ場合 (例)屋上プールを備えた屋内運動場

⁸ 両端ピン支持を仮定してオイラー座屈荷重を求めている。「技術基準解説」(p.37)参照。

⁹ 斜め部材の上・下端の納まりによっては、こうした部分の破壊が先行することもある。この部分を措置する場合には、措置後の納まりの許容耐力が明らかになっていないと、当該部分の緊結を確認できない。なお技術基準への適合を計算ルートによって確認する方法もありうるが、本書では割愛する。

¹⁰ 建築基準法施行令第2条第1項8号を要約すると、水平投影面積が建築面積の1/8以下の屋上等でも通常利用される場合は階数に算入される。なおこの判断については「高さ・階数の算定方法・同解説」(日本建築主事会議、平成7年5月22日)によって統一見解が示されている。

¹¹ 特定天井の技術基準に関する階数の考え方は「技術基準解説」(p.38)に示されている。



特定天井の技術基準における階数の考え方の例(建築基準法施行令第2条第1項8号との違い)

- 複数の仕上材を併用している天井では、天井面の一体性が確保されていないことがある。例えば天井面に溶接金網などを用いると、野縁受け等の天井下地材が分断されたり割付けがまばらになったりすることがある。こうした部分で局所的変形が生じると、天井仕上材の落下の原因となる。この様な天井では、斜め部材の追加等と併せて、天井面の一体性を高める補強が求められる¹²。

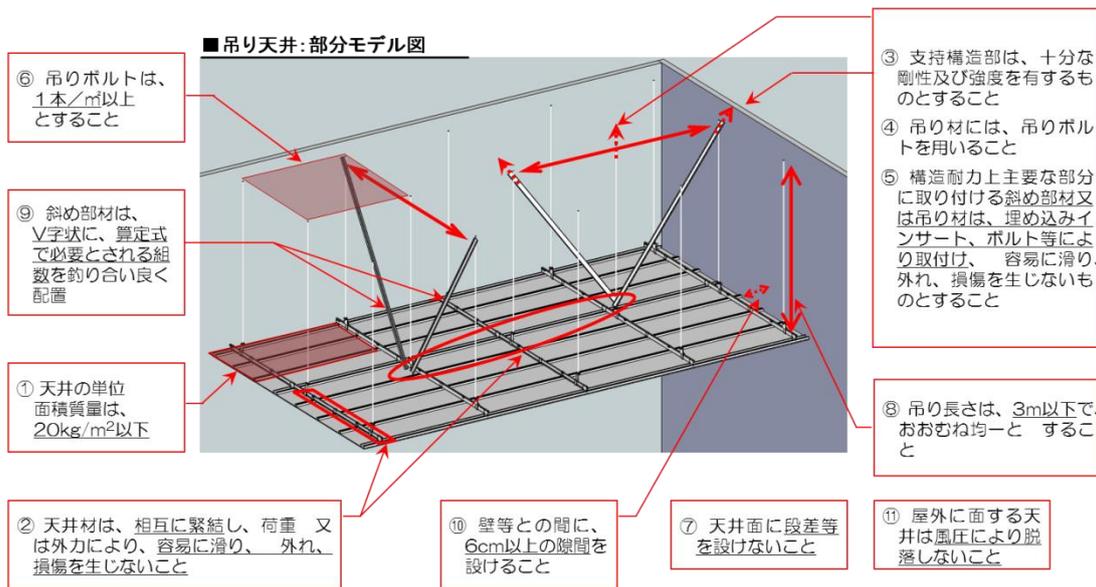
¹² 天井下地材が疎らになっている部分を、技術基準に基づくクリアランスとして設計しなおす方法も考えられる。

(3)天井の撤去及び再設置における実務上のポイント

■発注段階(学校設置者)の留意点

(2kg/m²を超える天井を設置する場合)

- 天井の撤去によって、断熱性能や吸音性能などの変化により、使用に著しい影響を及ぼす場合などで、天井面構成部材等の単位面積質量(以下、「天井質量」という。)が2kg/m²超の天井の再設置を検討する場合は、技術基準を満たしたものとする必要があり、技術基準解説書の解説及び設計例も十分に踏まえる必要がある。
- その際、補強による耐震化と同様、技術基準は、極めて稀な地震動の発生時(大地震時)において天井が脱落しないことを保証するものではないことに留意が必要である。



図〇 天井脱落対策に係る技術基準の概要(再掲)
【告示*第三第1項:仕様ルートの場合】

*「特定天井及び特定天井の構造耐力上安全な構造方法を定める件」(平成25年国土交通省告示771号)

- 斜め部材の設置により、地震の揺れによる天井面の慣性力が母屋等との取付部に作用することとなる。このため斜め部材の取付元の部材については十分な検討が必要となる。(「トピック4」参照)

<「技術基準解説書」で示された留意点(一部)>

- 今回の技術基準に基づき、吊り天井の設計・施工を適切に行うためには、単に吊り天井の部分に限定して検討を行うだけでは不十分。吊り材が取り付け支持構造部の剛性・強度や斜め部材と設備機器等との取り付け等について、意匠、構造、設備の各分野の設計者及び施工者が相互に十分な調整を行うことが必要。

⇒同解説に掲載の「第三編 特定天井の設計例 設計例3 N体育館」に示された「斜め部材受け材の設計」参照

○また、「(2)天井の補強による耐震化の実務上のポイント」に示したポイントについても、同様に留意する必要がある。

○このほか、防衛施設周辺に立地する学校等においては、防音対策上、天井にも一定の防音性能を求めている。この場合、天井を撤去すると児童生徒等の学習・生活上著しい支障が生じると考えられることから、天井の再設置を検討する自治体もある。これらの施設においては、防音対策上の課題を踏まえた技術的な検討が必要となる。（「トピック3」参照）

(2kg/m²以下の軽量の天井を設置する場合)

○天井の再設置を検討する場合、仮に落下しても人に重大な危害を与えるおそれの低いものとして、技術基準によらない2kg/m²以下の軽量の天井を再設置することは有効である。

○技術基準によらない軽量の天井を再設置する場合には、構法の特性に応じた設計・監理と施工を業務受託者に求める。なお、通常の吊り天井は下地材だけでも2kg/m²を超える。単位面積質量の対象となる「天井面構成部材等」には、天井面を構成する天井板、天井下地材(野縁・野縁受け)及びこれに附属する金物(クリップ等)のほか、自重を天井材に負担させる照明設備等も含まれることに注意する必要がある。

○膜材料等を用いた天井などを発注する場合でも、特定天井に該当しないことを確認するためには天井下地伏図が必要になる。天井質量の計算資料と合わせて、業務受託者に提出を求める。

○既存天井と異なる構法を採用する場合、様々な方法によって構造耐力上主要な部分へ接合されることになる。しかし、条件によっては滑りや破壊が報告されている接合方法もある。例えば次のような部分については、緊結の確認を具体的に求めることが重要である。

① クランプ(締め具)等による鉄骨への緊結

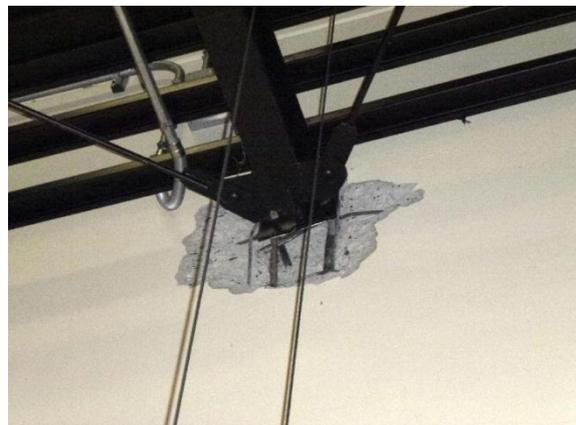
(例)当該部分にかかる地震力によって滑らないこと(締め具による摩擦力が当該部分にかかる地震力を上回ることを確認する

② RC部分に対する鉄骨の緊結

(例)定着部コンクリートが破壊しないことを確認する



クランプ類の滑りの例*



コンクリート壁との接合部における破壊の例

* (出典) 日本建築学会大会学術講演梗概集(東海) 2012年9月

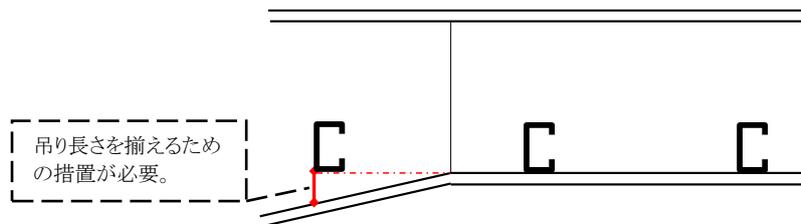
■設計・監理や施工管理段階(対策検討や対策工事の業務受託者等)の留意点

(2kg/m²を超える天井を設置する場合)

○技術基準及び技術基準解説書に基づく吊り天井を設計する。特に次のような部分に留意する必要がある。

①吊り材が取付く部材の寸法が変化する部分

(例)吊り元の基準位置は梁下端になることが多い。そのため梁にハンチがあると吊り長さが異なってしまう。こうした部分の納まりには、吊り長さを揃える措置が必要になる。



②キャットウォーク等の直下部分

(例)従来は、天井懐にキャットウォーク等が存在する場合、天井の吊り間隔を一定程度にするために、キャットウォークの下に吊り材を設置することがあった。しかし、そうした対応をとると吊り長さが異なる部分ができるため、技術基準の仕様ルートではそのような吊り方を行うことはできない。

③天井面の折れ曲がり部分

(例)クリアランスは天井面の折れ曲がり部分にも必要になる。天井の断面形状に応じて適切にクリアランスを設置する¹³。

④設備と天井面との取り合い

(例)現行の仕様ルートでは、吊り下げ形照明と天井面との間にはクリアランスが必要になる。吊りボルトを持つ照明を天井と一体に挙動する埋込み照明とみなすことは、一般にはできないことに注意する必要がある¹⁴。

○2001年芸予地震以降、天井材メーカーは天井製品の耐震性向上に努めてきた。そのため自社の高性能製品を「耐震工法」等と呼んでいることもある。しかしそうした製品でも、特定天井の技術基準の告示前に開発された仕様は、必ずしも当該技術基準を満たしているとは限らない。天井材の接合金物等を含め、部材一式が技術基準に適合していることを確認するよう対策検討や対策工事の業務受託者等に求める必要がある。

(参考)

・平成26年1月と2月に、(独)防災科学技術研究所において学校施設の体育館を模擬した大規模空間を有する試験体の加振実験が実施された。試験体は新築工事により作成されたものであるものの、技術基準を満たした天井についても、実際の現場と同じ方法で設計・施工が行われた。本実験により明らかとなった、設計・施工に当たっての課題等についてはトピック4にまとめている。

¹³ 天井の断面形状とクリアランスの対応の例は「手引」p.23にも掲載されている。

¹⁴ 現在のところ、吊りボルト等に支持された照明で、天井と一体に挙動するとみなせる仕様は明らかになっていない。

(2kg/m²以下の軽量の天井を設置する場合)

- 特定天井に該当しない膜材料等を用いた天井などを再設置する場合も、技術基準の考え方を踏まえて設計・監理や施工を行う。特に構造耐力上主要な部分への接合部の検討は、膜天井などの軽量な天井でも重要である。検討結果を簡潔にまとめ、発注者に資料を提出することが求められる。
- 接合部の緊結を確認するためには、当該箇所にかかる地震力と耐力を算定する必要がある。前者は、例えば技術基準が示す水平震度を参考にして求めることが可能である。後者は製造者が提供する技術資料や日本建築学会の指針等を用いて、適切に算定する。

(4)落下防止ネット等の設置における実務上のポイント

■発注段階(学校設置者)の留意点

- 落下防止ネットやワイヤ、ロープ等は、落下途中の天井を捕捉することが目的であり、一般に落下自体を防ぐ方法ではない。
- 天井材の重量に加え落下時の衝撃力を構造耐力上十分に伝えられるように、落下防止ネットやワイヤ、ロープ等の強度及び取付方法を十分に検討する。支持金物は屋根鉄骨等に固定しバランスよく設置する必要がある。
- ネット等からこぼれ落ちた落下物が人身に危害を与えないよう、適切なネットの目合を検討する。
- 実際の設置に当たっては、技術基準解説書の解説及び設計例も十分に踏まえる必要がある。

<ネットやワイヤ等の落下防止措置に係る留意点>

*技術基準解説書で示された留意点の抜粋

①共通事項

- ・落下防止措置部材を構成する材料の品質(強度、耐久性等)が明らかにされていること。
- ・天井材が落下しない状態で地震力が作用したときに、落下防止措置部材が天井材に作用する地震力を負担しない構造であること。

②天井面の下部に設置する場合

- ・ネット又はこれに類する可撓性のある材料を面的に張る場合には、必要に応じて外周部に補強ケーブルを組み合わせるものとし、これらの材料に張力を導入して荷重及び外力を常時負担することのできる平面又は曲面とすること。
- ・落下防止措置部材の吊り元は、地震力及び天井材の落下によって落下防止措置部材に生ずる力を構造耐力上有効に構造耐力上主要な部分等に伝えることができる剛性及び強度をもった構造とすること。
- ・落下防止措置部材の吊り元は、天井面に近い高さに設けること。

③天井面上部に設置する場合

- ・落下防止措置部材(ワイヤ等)は、落下するおそれのある天井面構成部材を適切に保持する構造であること。ただし、天井板を直接保持しない構造の場合には、天井板と野縁との間の留め付け強度を確認し、必要に応じて当該箇所を補強すること。
- ・落下防止措置部材の片側又は両側の端部は、構造耐力上主要な部分等又は吊り材に取り付けること。ただし、吊り材に取り付ける場合には、吊り材の吊り元が十分な剛性及び強度をもった構造であることを確かめること。
- ・落下防止措置部材は、天井全体に均等に設けること。

■設計・監理や施工管理段階(対策検討や対策工事の業務受託者等)の留意点

- 天井下部へのネット設置を検討する場合が最も多いと考えられる。その場合、ネットを支えるワイヤをどこに緊結するかが重要となる。
- アリーナからステージに向かう方向と直交方向にワイヤなどを設置することが一般的と考えられる。その場合、平天井においても勾配天井においても、両端だけでは支えきれないため、中央部分に支持金物などを設置する必要がある。
- 中央部分に設置する支持金物を構造躯体に緊結するには、天井面に穴を空け、そこから作業を行うため、足場などの設置が必要になる。
- ワイヤを支持するための金物を両端部に設置する場合は、柱や梁の状況にあわせて行う必要がある。主要な柱が露出している場合は検討が可能であるが、構造躯体が露出していない場合には、設置工事が困難となる。
- また、多くの柱等が露出している場合、ステージ側とその反対の妻面側においては、柱が隠れていたり、半分露出といった場合が一般的であり、この部分への設置は極めて難しい。
- さらに、ワイヤを支持するための金物の緊結を、構造体に影響を与えない範囲で構造躯体に対して行うことは、極めて難しい。
- 鉄骨造で構造躯体が露出している場合、応力が大きくなりすぎる箇所では鉄骨の部材にボルト孔をあけてボルト接合することが考えられるが、応力が大きくなりすぎる箇所ではボルト孔をあけるのは構造性能上問題となり、クランプで留めるにしても地震時に変形する場所に留めることになることから、滑らせないように留めることは難しいという問題がある。
- 一方で、ステージ側や妻面側においては、構造体が露出しておらず、同様の条件での金物の設置が不可能な場合が多い。その場合は、何らかの補助的な緊結材の設置を工夫しなければならない。
- 鉄筋コンクリート造の場合、構造躯体の応力が大きくなりすぎる箇所へあと施工アンカーにより定着をとることが考えられるが、作用する応力に対する検討が必要なことはもちろんのこと、埋め込んだ側のコンクリートの健全性や埋め込み深さが十分確保できるかなど、慎重な調査・検討が必要である。ステージ側、妻面側における困難さは、鉄骨と同様である。
- ワイヤ等の設置においては、仕上の下地材など、構造的に十分な耐力をもっていない材に緊結しないようにしなければならない。

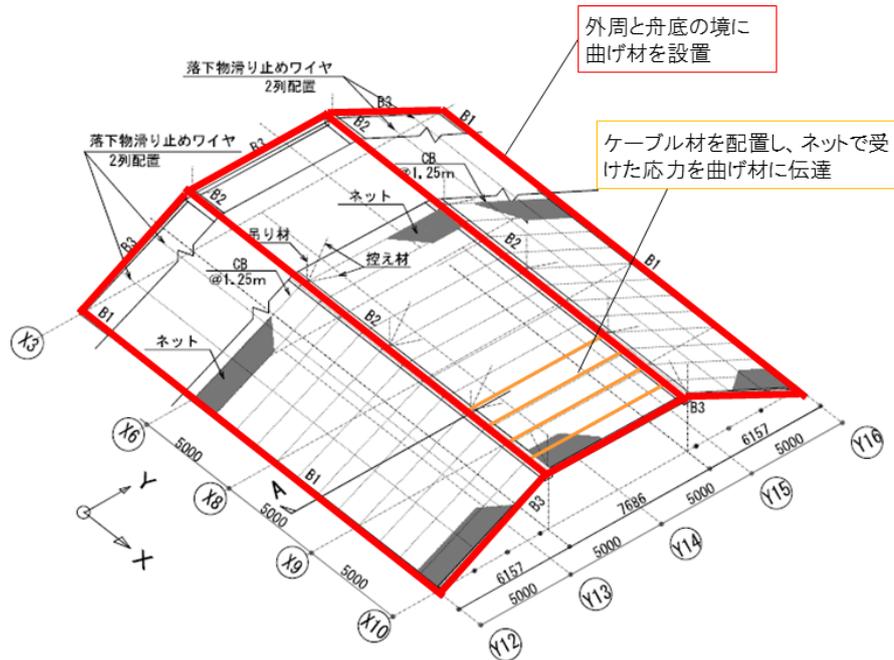
(参考)

・平成 26 年 1 月と 2 月に、(独)防災科学技術研究所において学校施設の体育館を模擬した大規模空間を有する試験体の加振実験が実施された。実験ではワイヤおよびネットにより脱落した部材を受け止めるフェイルセーフ機能の検証も行われた。新築工事で設置されたものであるものの、本実験により明らかとなった設計・施工に当たっての課題等についてはトピック4にまとめている。

(参考) 落下防止ネットの設計例

*「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」の「設計例4 N体育館」参照
＜ネット支持材の構成＞

- ・周部、折れ曲がり部に曲げ材を設け、プレート、ボルト等で柱に吊り材、控え材を梁に取り付け
 - ・支持ケーブルはピッチ 1.25mで短辺方向に台形状に設置し、長辺方向の曲げ材に定着
 - ・天井落下防止ネットは、支持ケーブルに直接レーシングロープを編み込む等により定着
- ＜設計荷重＞
- ・衝撃荷重を天井材質量の2～3.3倍として設計する必要



図〇:天井落下防止部材 配置図(一部加工)

＜参考:国土交通省における既存建築物の特定天井に対する扱い＞

○既存の建築物に設置されている天井が「特定天井」に該当する場合には、建築基準法第3条第2項の規定により、新築時と同様の技術基準が直ちに遡及適用されることはないが、一定規模以上の増改築が行われる場合には、新築時と同様の技術基準に適合させるか、又は別途の落下防止措置を講じなければならない。ただし、その際の落下防止措置については、ネットやワイヤで一時的に天井の落下を防ぐ方法も許容している。

*「建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説」の「第5章 既存建築物に対する落下防止措置」及び「設計例4 N体育館(ネットによる落下防止措置)」、「設計例5 Mビルエントランスロビー(ワイヤによる落下防止措置)」参照

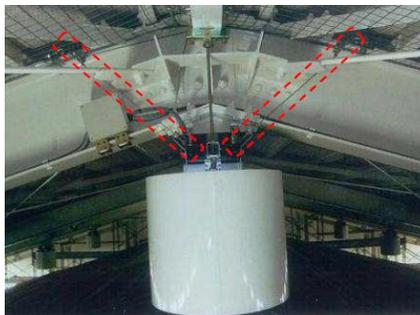
(5)照明器具、バスケットゴール等の対策における実務上のポイント

■発注段階(学校設置者)の留意点

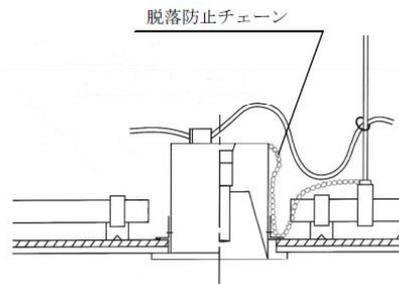
○屋内運動場等の大規模な空間の照明器具、バスケットゴール等高所に設置されたものについては、吊り天井の有無に関わらず、総点検を実施し、必要な落下防止対策を実施することが必要である。

＜天井照明器具の落下防止対策＞(手引 p.55～56 参照)

- ・照明設備の取付部分(ひび割れや変形、腐食等の有無、支持材への緊結)
- ・照明設備の落下防止対策(斜め振れ止めやワイヤ、チェーン等の設置)



写真○:直付形照明の落下防止対策の例
(振れ止めワイヤ)



図○:天井埋込み照明の落下防止対策の例(チェーン)

＜バスケットゴールの落下防止対策＞(手引 p.57～59 参照)

- ・吊り下げ式バスケットゴール(変形・腐食等の有無、専用梁の設置、バックボードの緊結)
- ・壁面式バスケットゴール(変形・腐食等の有無、フレーム接合部・バックボードの緊結)



写真○:吊下式バスケットゴールの主な確認ポイント



写真○:壁面式バスケットゴールの主な確認ポイント

＜その他の設備の落下防止対策＞(手引 p.60 参照)

- ・その他の設備の取付部分(取付金物の緩みや腐食、破損等の有無、支持材への緊結)
- ・その他の設備の落下防止対策(斜め振れ止めやワイヤ、チェーン等の設置)

2 对策事例

2 対策事例

2.1 事例集作成の考え方

- 手引で示した考え方や対策手法に基づき、屋内運動場等における天井、照明器具、バスケットゴール等の落下防止対策に係る既存の事例を収集し、対策事例ごとに、対策の検討過程や対策概要、概算費用及び概算工期等をわかりやすく解説している。
- 事例の紹介に当たっては、地方公共団体等における対策の検討に資するよう、診断結果や天井の必要性等を踏まえ、対策の選定に至った検討過程を可能な限り丁寧に示した。天井の撤去事例については、撤去後の環境条件の変化に配慮し、吸音・断熱等の代替措置を行った際の検討過程も併せて示している。
- また、各事例とも、対策の概要について図や写真等により解説し、必要に応じ、対策の効果を確保するために留意すべき技術的なポイントも併せて解説した。
- このほか、個別事例を紹介することが難しいものの、対策の検討を行う上で参考となる情報については、「トピックス」として示している。

2.2 事例の収集方針

- 事例は、平成25年度において先進的な取組を進めている地方公共団体等における落下防止対策事例を収集し、とりわけ、天井の事例については、平成25年度の先導的開発事業¹⁵で得られた撤去事例と軽量天井の再設置事例を中心に示した。各事例とも、所管する学校設置者に対してヒアリングを行い、必要に応じ、現地調査を実施し、情報を整理した。
- 本書作成に当たり、「補強による耐震化」、「天井の撤去及び再設置」及び「落下防止ネット等の設置」に関する事例も収集したが、技術基準を満たす部材・接合部が試験・評価段階にあるなど、事例の収集時点では当該事例が技術基準に完全に適合したものであるか判断が困難であったことから、本書への掲載は見送った。本書においては、事例の収集過程から得られた技術的なポイントについて掲載しており、今後、引き続き、国土交通省や関係機関等とも連携しつつ、対策事例を収集し、広く普及していくことが必要である。
- 屋内運動場のほか、武道場や講堂など幅広く情報の収集に努めたが、屋内運動場の対策を先行して実施している地方公共団体等が多く、本書の事例も屋内運動場が大半を占めている。

¹⁵ 地方公共団体等が実施する天井撤去を中心とした対策を加速化するための実証的研究事業(文部科学省の委託事業)。天井等落下防止対策アドバイザーも含めた実施体制のもと、域内学校の屋内運動場等の天井等の実態把握を行った上、地域特性や施設特性等を踏まえた対策手法等の検討を行うこととし、天井撤去に伴う吸音・断熱性能の検討と、具体的な代替措置の検討・実施も行う。

2. 3 事例集の活用にあたっての留意点

- 本書は、屋内運動場等の天井等に関する具体的な点検手法等を示した手引と併せて活用することが効果的である。
- 本書で扱う各事例はあくまで対策の一例であり、各施設の状況や地域に応じて方法や費用等が異なることに留意する必要がある。各学校設置者においては、個々の施設の状況や地域等に応じて、適切な手法を検討する必要がある。

事例一覧

天井に関する対策事例は以下の6事例を示す。このほか、照明器具、バスケットゴール等の対策事例を掲載する。

	事例1	事例2	事例3
基本情報	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内運動場 ・S2 974㎡ ・S47年築(耐震補強済) 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内運動場 ・SRC2(屋根S) 949㎡ ・H4年築 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内運動場 ・R2 1857㎡ ・H22年築
(対策前の天井)	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨山形屋根 ・ギャラリー部に段差付きの舟底天井 ・石膏ボード+岩綿吸音板 	<ul style="list-style-type: none"> ・長手方向のアーチ形屋根 ・グラスウールボード(25mm)のシステム天井 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨山形屋根 ・舟底天井(平天井つき) ・グラスウールボードのシステム天井(5kg/㎡)
	<ul style="list-style-type: none"> ・クリアランス無し ・斜め部材無し ・天井懐が浅く実質的に補強は不可能と判断 	<ul style="list-style-type: none"> ・吊りボルトが斜め方向に取付 ・天井懐が狭いことなどから補強による技術指針への適合は困難と判断 	<ul style="list-style-type: none"> ・クリアランス有り ・斜め部材有り(山形2段ブレース) ・屋根形状と天井形状に明らかな違い ・吊り長さが明らかに異なり補強は不可能と判断
対策手法	<ul style="list-style-type: none"> ・ノンフロン湿式不燃断熱材吹付(現場発泡ウレタン下地) 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存天井の撤去と併せ屋根面に遮熱塗料を塗布 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存グラスウールボードの有活用による直天井への改修
(選定理由等)	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根材が木製野地板のため天井撤去後も防火に配慮した仕上げが必要 ・既存と同等の断熱・吸音性能も必要 ・工法比較により、より軽く安価な工法を選択 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋根材は折板にグラスウール5mmが裏打ちされた製品のため吸音対策は考慮せず ・夏季の室温上昇を抑制するため、屋上に遮熱性の塗料を使用 	<ul style="list-style-type: none"> ・内部の吸音対策と冬期の温度管理のためグラスウールボードは再設置
期間	<ul style="list-style-type: none"> ・設計:H25.9~11 ・工事:H25.12~H26.2 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計:H25.5~8 ・工事:H25.8~H25.11 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計:H25.10~11 ・工事:H25.12~H26.3
写真	 <p>(対策後)</p>	 <p>(対策後)</p>	 <p>(対策後)</p>

事例4	事例5	事例6
<ul style="list-style-type: none"> ・屋内運動場 ・S2 569㎡ ・S45年築(耐震補強済) 	<ul style="list-style-type: none"> ・武道場 ・R1 556㎡ ・H1年築 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内運動場 ・SRC3(1階はRC、梁はS) 3017㎡ ・S61年築
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨アーチ屋根 ・有孔ケイ酸カルシウム板(5mm)のアーチ天井 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨山形屋根 ・方形形状+棟頂部が折り上げ天井 ・石膏ボード+岩綿吸音板(木の化粧張りあり) 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄骨山形架構 ・かまぼこ形の曲面天井 ・有孔ボード曲げ加工+グラスウール(50mm)(13.3kg/㎡)
<ul style="list-style-type: none"> ・吊りボルトが斜めに取付 ・吊り元、ハンガー・クリップが耐震仕様になっていない ・手引に基づき補強は不可能と判断 	<ul style="list-style-type: none"> ・吊りボルトがすべて斜めに設置されており、実質的に補強は不可能と判断 	<ul style="list-style-type: none"> ・吊り長さが一定でない ・吊りボルトが斜め方向に設置 ・クリアランス無し ・手引に基づき補強は不可能と判断
<ul style="list-style-type: none"> ・母屋への下地直接取付による直天井への改修(グラスウールボード設置) 	<ul style="list-style-type: none"> ・母屋への治具取付による直天井への改修(設計まで実施) 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存天井の撤去後、軽量の膜天井を設置
<ul style="list-style-type: none"> ・屋内運動場としての利用の他、講堂的役割も果たす施設であり、吸音性、断熱性、意匠性への配慮が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・既存天井が一定の断熱・吸音性能を有しており、同等の性能確保が必要 ・既存の内装との意匠面での整合性も必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・天井撤去のみの場合、空間として与える印象の低下や照明位置の変更による照度不足等が課題 ・曲面の施工が可能で、万一の落下物の衝撃を吸収し、照明位置の変更を伴わない膜天井を選定。
<ul style="list-style-type: none"> ・設計:H25.11~12 ・工事:H26.1~2 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計:H26.1~3 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計:H24.10~11 ・工事:H25.11~H26.2
 <p>(対策後)</p>	 <p>(対策前)</p>	 <p>(対策後)</p>

事例の読み方

本書では、屋内運動場等の天井、照明器具、バスケットゴール等の落下防止対策に関する事例を掲載している。天井の事例は、以下に示す8項目から構成されている。なお、照明器具やバスケットゴール等の事例については構成が異なる。

①対策のポイントと基本情報
事例番号、名称、主な対策項目、対策の基本情報、建物の概要等を示す。

②診断の概要
手引のフローチャート(参考参照)を活用した診断をした場合、その結果の概要を示す。

③天井が設置されていた理由
天井の事例の場合、どのような理由で天井が設けられていたか(推定含む)を示す。

④対策の検討過程
診断結果や天井の必要性等を踏まえ、対策の選定に至った検討過程を示す。

⑤対策の概要
対策の概要について、図や写真等により解説する。

事例1

主な対策項目	既存天井撤去後、ノンフロン温式不燃断熱材を吹付(現場発泡ウレタン下地)		
施設用途	屋内運動場	延べ面積	374㎡
構造・階数	S2	階数	現階47年12月
階高	8.2m	軒高	7.2m
対象天井	739㎡	天井高さ	6.8m~8.0m
天井面積	699㎡	天井の質量	7.0kg/㎡
構造体の形質(1/2)	真鍮(1/2重 0.22~0.99)	構造体の形質(2)	真鍮(0.22 年表)
有り高さ	約 0.2m		
天井(天井の形状等)	鉄骨山形屋根+ギャップ部に設置付きの吊天井(石膏ボード+塗装石膏板)		

■診断の概要

チェック項目	項目	確認結果	
		(準拠設置要記入欄)	(準拠結果に○)
1-2	吊り天井の取付	壁は見えませんが野地板が見えない。	有り(実測) 有り(天井なし)
1-3	断熱のクリアランスの取付	クリアランスが適切でない。	実測(取付) 実測(取付)
	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
1-4	断熱材の取付	断熱材の取付が適切でない。	実測(取付) 実測(取付)
	断熱材と天井取付の比較	断熱材と天井取付は断熱材ではない。	実測(取付) 実測(取付)
2-1	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-2	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-3	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-4	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-5	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-6	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-7	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
2-8	天井の取付位置に関する取付位置の確認	天井に関する確認事項がない。	実測(取付) 実測(取付)
3-1	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-2	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-3	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-4	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-5	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-6	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-7	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK
3-8	断熱材の取付	断熱材が適切に取付されている。	実測(取付) OK

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- 明確な理由は不明、断熱効果や吸音効果への配慮、意匠面への配慮のほか、屋根下地の木製野地板が露出しないよう、防火面での配慮もあったものと思われる。

■対策の検討過程

【対策工法の選定要件】

- 既存天井が一定の断熱・吸音性能を有しており、同等の断熱・吸音性能の確保が必要。
- 天井を撤去すると、屋根下地(木製野地板)が室内側に露出するため、防火に配慮した仕上げとなるよう対策を実施する。

【補強の可能性の検討】

- 天井構造が適切に確認できたため実質的に補強は不可能と判断。

【工法の選定理由】

- 既存の天井を撤去することを中心としながら、複数案を比較(詳細は次頁による)し、上記要件を満たす工法となるかの検討を実施。
- 比較検討の結果、より軽量で低コストなノンフロン温式不燃断熱材吹付け(現場発泡ウレタン下地)を採用(4,500円/㎡、2.6kg/㎡)

【その他】

- ノンフロン温式不燃断熱材は断熱性と吸音性を備えているが、木製野地板に直接吹き付けるには不安要素[※]があり、不安要素を解消するため、現場発泡ウレタンを下地として施工する工法を採用
- ※直接吹き付けた場合の不安要素
 - ①施工時の水分が内部に浸透し腐食やカビ等が発生する可能性があること
 - ②木製野地板への付着力に不安があること
- 表面がひび割れとなるが、施工実績のある学校に確認し日常生活で問題ないことを確認

■対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補充方法】

- 吊り天井を撤去して露出している野地板に現場発泡ウレタンとノンフロン温式不燃断熱材を吹き付けることで、既存の断熱性能・吸音性能と同等の性能を確保
- 残響時間測定の結果、対策工事後の残響時間は1.4秒から2.4秒となり、許容範囲内の吸音性能であると考えられる。

【撤去に伴って行った関連工事】

- 照明撤去、再設置工事(配管、配線の再設置)
- 既存天井と壁の取り合い部補修、梁の塗装工事

⑤対策の概要(続き)

対策前後を示しつつ、技術的な留意点として、対策の効果を確保するために留意すべき技術的なポイントも併せて解説する。



⑥概算費用(参考)

対策の実施に要した概算工事費用を示す。必要に応じて条件等を付記する。



■概算費用

●約1,670万円(税抜き)

内訳: 直接仮設工事費:約300万円
天井解体撤去・処分費:約190万円
断熱材吹付:約480万円
補修・塗装費:70万円
照明撤去・再設置費:約150万円
照明・バスケットゴール落下防止工事費:約40万円
その他工事費:約50万円
共通費:約390万円

■概算工期

・設計期間:H25.9~H25.11 工期:H25.12~H26.2(72日間)
内訳: 足場組立:約1週間
天井撤去:約1週間
吸音・断熱対策工事:約2週間
照明器具等落下防止対策工事:約1週間
足場撤去:約1週間

■工事期間中の対応

当該施設の使用中止期間:約60日間
・学校内に代替施設が無い場合、工事期間中は屋外の活動への切り替えを実施。
・学校行事等の必要に応じ、近隣の地域体育館、中学校体育館を利用。

⑦概算工期(参考)

対策の実施に要した概算工期を示す。必要に応じて条件等を付記する。

⑧工事期間中の対応

対策工事に伴い、屋内運動場等が使用できない間、どのように授業や行事等に対応したかを示す。

事例1

主な対策項目	既存天井撤去後、ノンフロン湿式不燃断熱材を吹付(現場発泡ウレタン下地)
--------	-------------------------------------

建物用途	屋内運動場	延べ面積	974㎡
構造・階数	S2	建築年	1972年12月
建物高さ	8.3m	軒高	7.2m
対象室面積	739㎡	天井高さ	6.6m～8.0m
天井面積	699㎡	天井の質量	7.0kg/㎡
構造体の耐震診断(is値)	実施済(Is値0.33→0.89)	構造体の耐震改修	実施済(H22年度)
吊り長さ	約0.3m		
備考(天井の形状等)	鉄骨山形屋根+ギャラリー部に段差付きの舟底天井(石膏ボード+岩綿吸音板)		

■診断の概要

節	チェック表	項目	確認結果		
			(学校設置者記入欄)	(該当結果に○)	
1節	1-2	吊り天井の有無	梁は見えるが野地板が見えない。	吊り天井あり	吊り天井なし
	1-3	壁際のクリアランスの有無	クリアランスがまったくない。	撤去等検討	図面診断
		天井の耐震措置に関する特記事項の有無	天井に関する特記事項がない。	撤去等検討	図面診断
		斜め部材の有無	斜め部材を確認できない。	撤去等検討	図面診断
	1-4	屋根形状と天井形状の比較	屋根形状と天井形状は概ね平行している。	撤去等検討	図面診断
	3-1	壁際のクリアランスの有無	ステップ1で補強は不可能と判断したため実施せず。	要対策	OK
	3-2	吊り天井の有無		要対策	OK
	3-3	吊り天井の吊り長さ		要対策	OK
3-4	吊り天井の吊り方向	要対策		OK	
3-5	吊り天井の吊り部材の種類	要対策		OK	
3-6	吊り天井の吊り部材の径	要対策		OK	
3-7	吊り天井の吊り部材の曲がり部分の処理	要対策		OK	
3-8	吊り天井の吊り部材の固定部	要対策		OK	
2節	付1-1	照明設備の取付部分	照明器具が支持材に緊結されている。	要対策	OK
		照明設備の落下防止対策	アリーナの照明は電動昇降式であり、異常は確認されていない。ステージのポーターライトは、吊下げ形であるが、吊り長さが長く、振れ止めが設けられていない。	要対策	OK
	付1-2	吊下式バスケットゴールの状況	変形や腐食、緩み、亀裂は見当たらない。	要対策	OK
		壁面式バスケットゴールの状況	固定式のゴールであり、異常等は見当たらない。	要対策	OK
	付1-3	その他の設備の取付部分	高所スピーカーは支持材に緊結されている。ステージ部の音響反射板は支持部に耐震対策が措置されていない。	要対策	OK
		その他の設備の落下防止対策	落下防止ワイヤ等が設けられていない。	要対策	OK
3節	付2	鉄骨屋根の定着部の状況	-	要対策	実地診断 OK
		屋根構面の仕様	屋根面ブレースに伸び能力が保証された建築用JISターンバックルが使用され、接合部が保有耐力接合となっている。	要対策	実地診断 OK

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・明確な理由は不明。断熱効果や吸音効果への配慮、意匠面への配慮のほか、屋根下地の木製野地板が露出しないよう、防火面での配慮もあったものと思われる。

■既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・明確な理由は不明。断熱効果や吸音効果への配慮、意匠面への配慮のほか、屋根下地の木製野地板が露出しないよう、防火面での配慮もあったものと思われる。

■対策の検討過程

【対策工法の選定要件】

- ・既存天井が一定の断熱・吸音性能を有しており、同等の断熱・吸音性能の確保が必要。
- ・天井を撤去すると、屋根下地(木製野地板)が室内側に露出するため、防火に配慮した仕上げとなるよう対策を実施する。

【補強の可能性の検討】

- ・天井懐が浅いことが確認できたため実質的に補強は不可能と判断。

【工法の選定理由】

- ・既存の天井を撤去することを中心にしながら、複数案を比較(詳細は次頁による)し、上記要件を満たす工法となるかの検討を実施。
- ・比較検討の結果、より軽量で低コストなノンフロン湿式不燃断熱材吹付け(現場発泡ウレタン下地)を採用(4,500 円/m², 2.6kg/m³)

【その他】

- ・ノンフロン湿式不燃断熱材は断熱性と吸音性を備えているが、木製野地板に直接吹き付けるには不安要素※があり、不安要素を解消するため、現場発泡ウレタンを下地として施工する工法を採用

※直接吹き付けた場合の不安要素

- ①施工時の水分が木部に含浸し腐食やカビ等が発生する可能性が高くなること
- ②木製野地板への付着力に不安があること

- ・表面がひる石状となるが、施工実績のある学校に確認し日常生活で問題ないことを確認

■対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補完方法】

- ・吊り天井を撤去して露出している野地板に現場発泡ウレタンとノンフロン湿式不燃断熱材を吹き付けることで、既存の断熱性能・吸音性能と同等の性能を確保
- ・残響時間測定の結果、対策工事後の残響時間は 1.4 秒から 2.4 秒となり、許容範囲内の吸音性能であると考えられる。

【撤去に伴って行った関連工事】

- ・照明撤去、再設置工事(配管、配線の再設置含)
- ・既存天井と壁の取り合い部補修、梁の塗装工事

■工法の選定の詳細

○既存の天井を撤去した後に、対策として考えられるものとして以下の9つ工法を選定。

1. 耐震性吊り天井仕上げ(岩綿吸音板仕上)
2. ノンフロン湿式不燃断熱材吹付(下地:角波鋼板)
3. ノンフロン湿式不燃断熱材吹付(下地:現場発泡ウレタン)
4. 湿式不燃材(下地:角波鋼板)
5. 屋根下地一体型システム天井(ポリスチレン3種 20t+ロックウール吸音板 9t)
6. 屋根下地一体型システム天井(グラスウールボード 25t)
7. 軽量の膜不燃天井設置
8. 落下防止ネット設置
9. 屋根面への遮熱塗料塗布

○1～9の各工法について、「熱伝導率」「吸音性能 残響時間」「防火性能」「質量」「工期」「改修材料費用」に分けそれぞれの特性を整理

○各工法の特性を比較検討するため一覧表を作成。工法1「耐震性吊り天井仕上げ(岩綿吸音板)」を基準として、各工法の特性に対して評価を実施。

■体育館 天井改修工法比較表

工法	Ⅲ. 撤去再設置(吊り天井)		Ⅰ. 撤去	
	1. 耐震性吊り天井仕上げ(岩綿吸音板)	2.	3. ノンフロン湿式不燃断熱材(下地:現場発泡ウレタン)	4.
対象とする体育館に適用した場合の工法概要	①最も一般的に普及している吸音性がある天井材である。但し、吊天井である為下地を耐震仕様とする必要がある。	①リ ②不 ③木	①リサイクル品の活用による環境に優しい断熱材 ②不燃認定取得による火災への安全性が高い ③木部(野地板)への付着は問題ないが、施工時の水分が木部に含浸し腐食やカビ等が発生する可能性が高くなるため、硬質現場発泡ウレタンを下地のうえに吹き付ける。	①リ ②不 ③木 ④オ
熱伝導率	0.058W/(m/k) + 空気層あり	基準 0.0	0.044W/(m/k) +現場発泡ウレタン0.034W/(m/k)	◎ 優れる 0.0
吸音性能 残響時間	(NRC値)0.54	基準 (N	(NRC値)約0.7	◎ 優れる (1
防火性能	不燃材料	基準 不燃	仕上げ材は不燃材料と同等の性能	○ 同等以上 不燃
質量	約7.0kg/m ² (石膏ボード9.5t+岩綿吸音板12t)	基準 約6 角波	約2.55kg/m ² (現場発泡ウレタン 0.45kg/m ² +ノンフロン湿式不燃断熱材(15mm) 約2.1kg/m ²)	◎ 優れる 約8 (厚 約0
工期	2ヶ月	基準 2ヶ月	2ヶ月	○ 同等以上 2ヶ月
改修材料費用	耐震仕様下地 石膏ボード9.5t+岩綿吸音板:22,000円/m ²	基準 5.7 (厚	4,480円/m ² (厚み15mm:2,240円/m ² 現場発泡ウレタン(15mm):2,240円/m ²)	◎ 優れる 7.9 (厚
総合評価	現況と同様の仕上げであるが、下地を耐震仕様とした分についてコストアップとなる。	— 現況も比	現況と同等以上の断熱・吸音性能が得られる。下地に発泡ウレタンを使用することで、軽量化された。質量・コストが有利であることを考慮し、採用工法としたい。	◎ 野 耐震

各対策手法に対する評価は、あくまでこの事例が有する条件においての評価であるため、選定した対策以外の評価は本書では示していない。

○総合評価により、ノンフロン湿式不燃断熱材吹付け(現場発泡ウレタン下地)を採用。



対策前の内観



対策後の内観

この事例は天井懐が非常に浅いため、既存の天井を撤去しても室容積は大きく変わらない。



対策前の天井懐内部（屋根下地が木製）

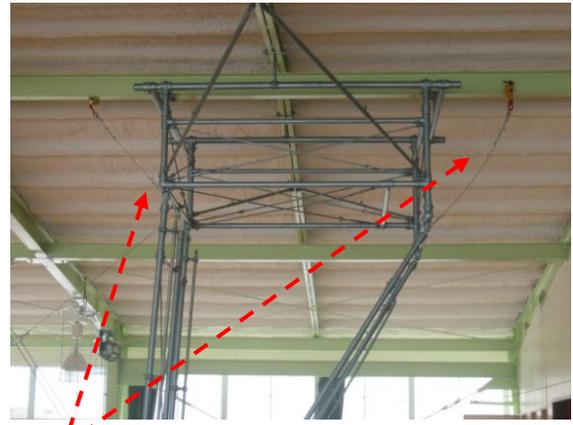


既存天井撤去後、屋根下地に現場発泡ウレタンを吹付
（この後にノンフロン湿式不燃断熱材吹付を吹付）

木製下地の場合は防(耐)火性能の確認が必要となる。また、吹付材は下地との適合性の確認も必要。



照明設備に落下防止ワイヤを設置

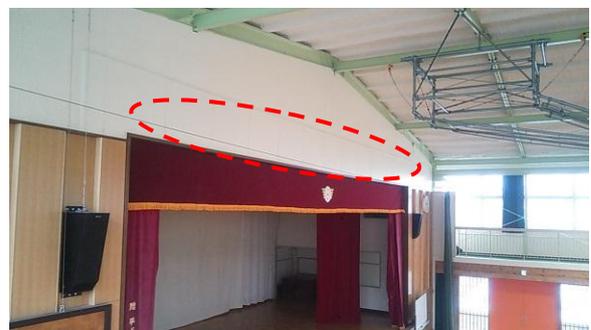


吊下式バスケットゴールにもワイヤを設置

吊下式バスケットゴールは、屋根部材(母屋等)でなく構造耐力上主要な部分に取り付けられている。今回の改修では安全性を高めるためにワイヤも設置



ステージの吊下形ライトにも振れ止めを設置



ステージ上部の音響反射板は撤去



スピーカーや校歌にも念のため落下防止ワイヤを設置

■概算費用

●約1,670万円(税抜き)

- 内訳：直接仮設工事費：約300万円
- 天井解体撤去・処分費：約190万円
- 断熱材吹付：約480万円
- 補修・塗装費：70万円
- 照明撤去・再設置費：約150万円
- 照明・バスケットゴール落下防止工事費：約40万円
- その他工事費：約50万円
- 共通費：約390万円

■概算工期

・設計期間：H25.9～H25.11 ・工期：H25.12～H26.2(72日間)

- 内訳：足場組立：約1週間
- 天井撤去：約1週間
- 吸音・断熱対策工事：約2週間
- 照明器具等落下防止対策工事：約1週間
- 足場撤去：約1週間

■工事期間中の対応

当該施設の使用中止期間：約60日間

- ・学校内に代替施設が無い場合、工事期間中は屋外の活動への切り替えを実施。
- ・学校行事等の必要に応じ、近隣の地域体育館、中学校体育館を利用。

事例2

主な対策項目	既存天井の撤去と併せ屋根面に遮熱塗料を塗布
--------	-----------------------

建物用途	屋内運動場	延べ面積	949 m ²
構造・階数	SRC2(屋根 S)	建築年	平成4年11月
建物高さ	12.3m	軒高	12.3m
対象室面積	623.5 m ² (アリーナ部分)	天井高さ	8.75m~11.55m
天井面積	623.5 m ²	天井の質量(仕様)	未計測
構造体の耐震診断(is 値)	新耐震(-)	構造体の耐震改修	-
吊り長さ	約 0.3m		
備考(天井の形状等)	長手方向のアーチ形 25mm グラスウールボードのシステム天井		

■ 診断の概要

- ・吊りボルトが天井のアーチ形状に合わせて斜め方向に取り付けられてる(→撤去等検討)

■ 既存の施設に天井が設置されていた理由

- ・設計時、意匠性を考慮し設置されていたと推察される。

■ 対策の検討過程

【補強の可能性の検討】

- ・天井懐が狭いことなどから補強により技術基準への適合は困難と判断した。

【工法の選定】

- ・市内において天井が設置されている屋内運動場が非常に希であること。
 - ・補強により技術基準に適合を図るのは困難と判断したこと
- 以上から「撤去」を実施することとした。

■ 対策の概要

【既存の天井が有していた性能の補完方法】

- ・屋根材は元々製品として折板にグラスウール 5mm が裏打ちされているものであったため、内部の吸音対策は必要なしと判断した。
- ・竣工以来、防水改修工事が実施できておらず雨漏りも見られたため天井落下防止対策とともに屋上防水工事も実施した。
- ・その際、天井撤去による夏季の室温上昇を抑制するため、屋上の塗膜防水のトップコートに遮熱性の塗料を採用した。

【撤去に伴って行った関連工事】

- ・照明を無電極放電ランプに変更することにより、1日8時間点灯で約20年使用できるようになったため、電動昇降式設備から直付け形に変更した。
- ・新設の照明は瞬時に点灯するため水銀灯に比べ使用感が向上し、また消費電力を約40%削減することができた。
- ・天井撤去に伴い妻側の壁と屋根との間に隙間ができることから、ボール等を挟まないためのネットを短辺方向端部のみ設置した。



対策前の内観(ボードのズレはボールがぶつかったこと等による)



対策後の内観

屋根の折板にグラスウールが裏打ちされていたため吸音対策は不要と判断



既存吊りボルトは斜めに設置されていた

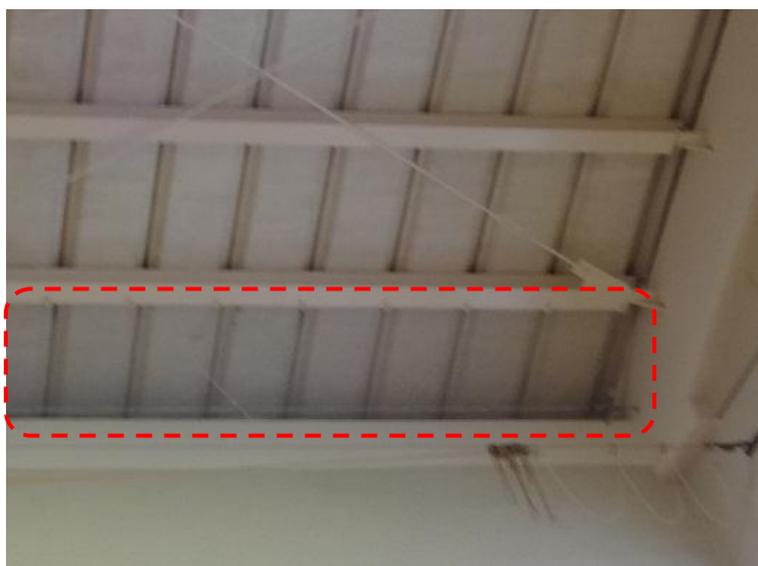


施工中(梁塗装・照明は付替)



落下防止のワイヤも設置

無電極放電ランプに付け替え



妻側の壁面頂部にボールよけネットを設置

■概算費用

・約2,800万円

- 内訳：直接仮設工事費：約580万円
- 天井解体撤去・処分費：約140万円
- 塗装・防水工事：約900万円
- 照明設備撤去・新設：約700万円
- 共通費：約480万円

■概算工期

・設計期間：H25.5～H25.8 ・工期：H25.8.19～H25.11.23

- 内訳：足場組立：約2週間
- 天井撤去・処分：約3週間
- 屋上塗膜防水工事：約3週間
- 内部壁・梁塗装工事：約3週間
- 足場撤去：約2週間
- 養生撤去・片付け・検査等：約2週間

■工事期間中の対応

当該施設の使用中止期間：H25.8～H25.11

- ・代替施設がないため、学校行事に影響がない時期を工事期間と設定し、期間中の体育等の授業は校庭利用等へ振り替えた。